

PATENT
2927-0167P

IN THE U.S. PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applicant: Masato NAITO et al. Conf.: Unassigned
Appl. No.: NEW Group: Unassigned
Filed: February 12, 2004 Examiner: UNASSIGNED
For: METHOD OF DESIGNING GOLF CLUB

L E T T E R

Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

February 12, 2004

Sir:

Under the provisions of 35 U.S.C. § 119 and 37 C.F.R. § 1.55(a), the applicant(s) hereby claim(s) the right of priority based on the following application(s):

<u>Country</u>	<u>Application No.</u>	<u>Filed</u>
JAPAN	2003-035594	February 13, 2003

A certified copy of the above-noted application(s) is(are) attached hereto.

If necessary, the Commissioner is hereby authorized in this, concurrent, and future replies, to charge payment or credit any overpayment to Deposit Account No. 02-2448 for any additional fee required under 37 C.F.R. §§ 1.16 or 1.17; particularly, extension of time fees.

Respectfully submitted,

BIRCH, STEWART, KOLASCH & BIRCH, LLP

By 

Andrew D. Meikle, #32,868

ADM:trb
2927-0167P

P.O. Box 747
Falls Church, VA 22040-0747
(703) 205-8000

Attachment(s)

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

2927.0167P
NEW
February 12, 2004
Masato NAITO et al.
BSKB
703.205.8000

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日
Date of Application: 2003年 2月13日

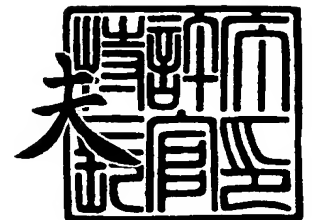
出願番号
Application Number: 特願2003-035594
[ST. 10/C]: [JP2003-035594]

出願人
Applicant(s): 住友ゴム工業株式会社

2003年10月21日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今井康夫



出証番号 出証特2003-3086786

【書類名】 特許願

【整理番号】 14381

【提出日】 平成15年 2月13日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 A63B 53/04
G06F 17/50

【発明の名称】 ゴルフクラブの設計方法

【請求項の数】 6

【発明者】

 【住所又は居所】 兵庫県神戸市中央区脇浜町 3 丁目 6 番 9 号 住友ゴム工業株式会社内

 【氏名】 内藤 正登

【発明者】

 【住所又は居所】 兵庫県神戸市中央区脇浜町 3 丁目 6 番 9 号 住友ゴム工業株式会社内

 【氏名】 角田 昌也

【特許出願人】

 【識別番号】 000183233

 【氏名又は名称】 住友ゴム工業株式会社

【代理人】

 【識別番号】 100072660

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 大和田 和美

【手数料の表示】

 【予納台帳番号】 045034

 【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

 【物件名】 明細書 1

 【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9814053

【その他】 なお、図面の内、図 2 ～ 4、6、8 はカラー付であるから、図 2 ～ 4、6、8 の見本は物件提出書で、写真は上申書で別途に提出します。見本と写真との二者択一が審査、権利解釈その他において、必要であれば、見本を選択します。

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 ゴルフクラブの設計方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 コンピュータを用いてゴルフクラブヘッドを設計する方法であって、クラブヘッドとボールとを有限要素に分割したクラブヘッドモデルとボールモデルを用い、

上記クラブヘッドモデルのフェース部のスイートエリアからなる基準打撃位置、該スイートエリアから外れる比較打撃位置で、ボールモデルを打撃させてシミュレートし、

上記基準打撃位置、比較打撃位置での打撃時に各要素に発生する応力を有限要素法解析により算出し、

上記打撃位置の違いによる応力発生状況の差に基づいて、上記分割した各要素の肉厚分布を制御し、上記スイートエリア外でボールを打撃しても発生する応力をスイートエリア内での打撃時の応力に近似させて、いずれの位置で打撃しても発生する応力に一樣化させることを特徴とするゴルフクラブの設計方法。

【請求項 2】 上記クラブヘッドモデルはウッド型クラブヘッドモデルからなり、上記各要素の肉厚分布の制御は、上記ウッド型クラブヘッドモデルのフェース面を構成する金属板の肉厚を制御することにより行い、上記基準打撃位置での打撃時の応力と上記比較打撃位置での打撃時の応力とを比較し、比較打撃位置での応力が大きい場合は該比較打撃位置の部分の上記金属板の肉厚を大とすると共に、応力が低い場合には該比較打撃位置の部分の上記金属板の肉厚を小とし、各比較打撃位置での打撃時の応力を上記基準打撃位置での打撃時の応力に近似させる請求項 1 に記載のゴルフクラブの設計方法。

【請求項 3】 上記クラブヘッドモデルによるボール・モデルの打撃時に、各要素に発生するミーゼスの相当応力を、各要素の積分点における主応力値から求め、求めたミーゼス応力の時系列変化から、各打撃位置におけるミーゼス応力の最大値を求め、

上記比較打撃位置での上記ミーゼス応力の最大値が上記基準打撃位置でのミーゼス応力の最大値よりも小さい値を示す比較打撃位置の部分は肉厚を薄くし、逆

に上記ミーゼス応力の最大値が小さくなっている比較打撃位置の部分の肉厚を厚くしている請求項 1 または請求項 2 に記載のゴルフクラブの設計方法。

【請求項 4】 上記クラブヘッドモデルを上記ボールモデルに初速 40 m/s で打撃させた時に上記フェース部に発生する上記ミーゼス応力の最大値を打撃した時に求め、

上記基準打撃位置と比較打撃位置での上記ミーゼス応力の最大値の差が 8 kgf/mm^2 以下になるように上記比較打撃位置の上記要素の肉厚を変更し、変更後に上記打撃のシミュレーションとを繰り返して上記肉厚分布を決定している請求項 3 に記載のゴルフクラブの設計方法。

【請求項 5】 上記打撃位置は、上記フェース部のスリットエリア内の基準打撃位置と、スリットエリア外の少なくとも 3 点を上記比較打撃位置とし、該比較打撃位置を結ぶ直線で囲まれた領域内に上記基準打撃位置を位置させている請求項 1 乃至請求項 4 のいずれか 1 項に記載のゴルフクラブの設計方法。

【請求項 6】 上記比較打撃位置は上記基準打撃位置より上下方向の 2 点と左右方向の 2 点の合計 4 点としている請求項 1 乃至請求項 5 のいずれか 1 項に記載のゴルフクラブの設計方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、コンピュータを利用したゴルフクラブの設計方法に関し、詳しくは、ゴルフクラブのウッド型ヘッドとゴルフボールとをモデル化した有限要素モデルを用い、ヘッド・モデルのフェース部の異なる位置でボール・モデルを打撃した時に生じる応力を求め、この応力値に基づいてフェース部に取り付ける金属薄板の肉厚を制御して、フェース部のいずれの位置で打撃しても発生する応力の一様化を図り、十分な強度を保持しつつ反発特性に優れたゴルフクラブのウッド型ヘッドを効率良く設計するものである。

【0002】

【従来の技術】

通常、ゴルフクラブのウッド型ヘッドのフェース面を金属板を配置している。

このようなウッド型ヘッドにおいて、ゴルフボール打撃時の反発特性を向上させるためには、インピーダンスマッチング理論によりフェース面の金属板の肉厚をより薄くし、フェース部の固有振動数をゴルフボールの固有振動数に近づけることが有効である。よって、近時、金属板の薄肉化が図られている。

【0003】

しかしながら、上記金属板の薄肉化は強度低下の原因ともなり、ウッド型ヘッドの性能において、反発特性と強度は背反する関係にある。設計時には利用者が望む強度を確保しつつ、反発特性を最大にすることが望ましいが、従来のヘッドのフェース面を構成する金属板の肉厚を決定する手順は経験と勘に大きく依存しており、かつ膨大な試行錯誤による検討を必要としている。このため、設計に時間を要すると共に、設計指針にバラツキ等が見られることもある。よって、反発性能等に優れたヘッドを効率良く設計するために種々の提案がなされている。

【0004】

例えば、本出願人は、特開平9-149954号公報（特許文献1）において、以下のような方法をゴルフクラブヘッドの設計に役立てることを開示している。まず、ゴルフクラブヘッドの3次元形状を3次元形状測定機で計測し、この3次元形状計測データを基に、構造解析用のプリプログラムを用いて有限要素法（FEM）モデルを作成する。次に、このFEMモデルを用いて、市販の解析用ソフトにより慣性主軸及び主慣性モーメントを計算する。解析ソフトにより打撃時の応力等や物体の初期形状での慣性主軸及び主慣性モーメントを計算することができ、ゴルフクラブヘッドの設計に役立てている。

【0005】

また、特開平9-168613号公報（特許文献2）では、中空構造のゴルフクラブヘッドであって、フェース部中央の所定の範囲の部分にボールを打撃した時の衝撃に耐え得る強度を有する打撃部を設け、前記フェース部における前記打撃部の周囲に、前記打撃部に比して小さなばね定数を有する部分を設けたゴルフクラブヘッドが提案されている。

【0006】

【特許文献1】

特開平 9-149954 号公報

【0007】

【特許文献 2】

特開平 9-168613 号公報

【0008】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、特開平 9-149954 号公報では、ヘッドの初期形状での慣性主軸及び主慣性モーメントを計算し、設計に役立てているが、反発特性と強度の両立を図るには、未だ改善の余地がある。

【0009】

また、特開平 9-168613 号公報では、小さなばね定数を有する部分を設けるだけでは、反発特性と強度の両立が困難である。また、具体的に、小さなばね定数を有する部分を、どの箇所に設けるのが良いのか、その判断が非常に困難である。よって、種々のタイプのフェース部を試作し、試作と評価を何度も繰り返し行う必要があり、設計に多大な手間と時間を費やすこととなる。さらに、フェース面上のあらゆる部分での打撃に対応しようとすると、その設計は非常に困難となる。

【0010】

上述したようにインピーダンスマッチング理論によれば、反発特性を向上させるには、フェース部において、金属板を出来るだけ薄く軟らかい部分を広く設けることが有効であるが、柔らかくすると強度上の問題が生じるため、十分な強度が得られるようにするためには、フェース部の肉厚の制御が非常に重要な要因となる。

【0011】

本発明は上記した問題に鑑みてなされたものであり、反発特性と強度が両立されたクラブヘッドヘッドを、コンピュータを利用して効率良く設計することを課題としている。

【0012】

【課題を解決するための手段】

上記課題を解決するため、本発明は、コンピュータを用いてゴルフクラブヘッドを設計する方法であって、クラブヘッドとボールとを有限要素に分割したクラブヘッドモデルとボールモデルを用い、

上記クラブヘッドモデルのフェース部のスイートエリアからなる基準打撃位置、該スイートエリアから外れる比較打撃位置で、ボールモデルを打撃させてシミュレートし、

上記基準打撃位置、比較打撃位置での打撃時に各要素に発生する応力を有限要素法解析により算出し、

上記打撃位置の違いによる応力発生状況の差に基づいて、上記分割した各要素の肉厚分布を制御し、上記スイートエリア外でボールを打撃しても発生する応力をスイートエリア内での打撃時の応力に近似させて、いずれの位置で打撃しても発生する応力に一樣化させることを特徴とするゴルフクラブの設計方法を提供している。

【0013】

具体的には、図11(A)に示すように、基準打撃位置Aを設定するスイートエリアはフェース面積の80%以内とし、その外周のスイートエリア外を例えば4つの領域S1～S4に分割する。この分割した領域の面積比は50%以上200%以下とし、各領域内、領域の境界位置あるいは境界より僅かにスイートエリア内に寄った位置にそれぞれ各領域の比較打撃位置B～Eを設定する。肉厚制御範囲は上記領域S1～S4の各領域毎で行い、図11(B)に示すように、比較打撃位置Bと対応する領域S1の要素I, II, III, …の肉厚分布制御を行っている。

【0014】

このようにクラブヘッドの肉厚分布をコンピュータによりクラブヘッドモデルとボールモデルとを用いて打撃シミュレーションを行い、肉厚分布を設計変数とし、フェース面のスイートエリア内の基準打撃位置とスイートエリア外の比較打撃位置で打撃した時に発生する応力を比較し、スイートエリア外での応力をスイートエリア内での応力に近似させることを目的関数としているため、スイートエリア外で打撃した際の反発性能を高めることが出来る。かつ、フェース部の無駄

な部分に無駄な厚みをなくし、強度が必要となる部分に厚みを持たせることができ、フェース部の肉厚バランスの設計が非常に容易となる。

本発明では、有限要素法解析により算出された応力値に基づいて行っているため、実物の試作や応力値の実測等の工程を経ることなく、極めて容易に設計することができる。また、コンピュータを用いているため、形状や材料の変更も、入力データの変更だけで良く、様々なパターンのヘッドのフェース部の設計をコンピュータによる仮想空間上で容易に行うことができる。

【0015】

特に、本発明はウッド型クラブヘッドについて好適に用いられる。

即ち、上記クラブヘッドモデルはウッド型クラブヘッドモデルからなり、上記各要素の肉厚分布の制御は、上記ウッド型クラブヘッドモデルのフェース面を構成する金属板の肉厚を制御することにより行い、上記基準打撃位置での打撃時の応力と上記比較打撃位置での打撃時の応力とを比較し、比較打撃位置での応力が大きい場合は該比較打撃位置の部分の上記金属板の肉厚を大とすると共に、応力が低い場合には該比較打撃位置の部分の上記金属板の肉厚を小とし、各比較打撃位置での打撃時の応力を上記基準打撃位置での打撃時の応力に近似させている。

【0016】

フェース面を構成する金属板は前記したように、肉厚を薄くしてフェース部の固有振動数をボールの固有振動数に近づけると反発性能が高まる。よって、応力が高い（反発性能が高い部分）は金属板の肉厚を厚してもスイートエリア内の反発性能と同等な反発性能を維持できるため、金属板の肉厚を大として強度を高めている。一方、応力が小さい（反発性能が低い部分）では金属板の肉厚を薄くしてスイートエリア内の反発性能と同等な反発性能を得られるようにしている。

このように、フェース部のスイートエリア外の反発性能をスイートエリア内の反発性能に近づけると共に強度も確保している。

【0017】

上記クラブヘッドモデルによるボールモデルの打撃時に、各要素に発生するミーゼスの相当応力を、各要素の積分点における主応力値から求め、求めたミーゼス応力の時系列変化から、各打撃位置におけるミーゼス応力の最大値を求め、

上記比較打撃位置での上記ミーゼス応力の最大値が上記基準打撃位置でのミーゼス応力の最大値よりも小さい値を示す比較打撃位置の部分は肉厚を薄くし、逆に上記ミーゼス応力の最大値が小さくなっている比較打撃位置の部分の肉厚を厚くしている。

【0 0 1 8】

ミーゼス応力は有限要素法解析により算出することができ、1つの要素に対して1つの値が算出され、材料の破壊の有無等の判断に最適である。前記した基準打撃位置および比較打撃位置での打撃時に各要素に発生するミーゼス応力を算出し、各打撃時におけるミーゼス応力の最大値を比較している。

通常、打撃時には、フェース面上において、打撃位置付近に存在する要素で発生するミーゼス応力が最大値を示す。よって、応力の一様化を図るには、比較打撃位置でのミーゼス応力の最大値が基準打撃位置でのミーゼス応力の最大値より大きな値を示している比較打撃位置およびその該比較打撃位置からフェース中心側近傍の肉厚を基準打撃位置の肉厚より厚くするのが良い。一方、ミーゼス応力の最大値が基準打撃位置のミーゼス応力の最大値より小さな値を示している比較打撃位置および該比較打撃位置よりフェース中心側近傍の肉厚を薄くするのが良い。

【0 0 1 9】

上記クラブヘッドモデルを上記ボールモデルに初速 4 0 m / s で打撃させた時に上記フェース部に発生する上記ミーゼス応力の最大値を打撃した時に求め、

上記基準打撃位置と比較打撃位置での上記ミーゼス応力の最大値の差が 8 k g f / mm²以下になるように上記比較打撃位置の上記要素の肉厚を変更し、変更後に上記打撃のシミュレーションとを繰り返して上記肉厚分布を決定している。

【0 0 2 0】

比較打撃位置のミーゼス応力の最大値と基準打撃位置でのミーゼス応力の最大値との差をできるだけ小さい方くして近似させると、言わば、スイートエリアが広がることとなる。よって、上記ミーゼス応力の最大値の差が 8 k g f / mm²以下、好ましくは、5 k g f / mm²以下、最も好ましくは 1 k g f / mm²以下となるようにシミュレーションを繰り返している。

初速 40 m/s は、通常のゴルファーがウッド型ヘッドのゴルフクラブでゴルフボールを打撃する際に生じうるヘッドスピードである。初速 40 m/s でミーゼス応力の最大値の差が上記のようになれば、他のヘッドスピードで打撃した際もフェース部の強度は十分保持することができる。このように、打撃のシミュレーションを繰り返すことにより、肉厚分布の制御すると、理想のクラブヘッドが得られることとなる。

【0021】

上記打撃位置は、上記フェース部のスリットエリア内の基準打撃位置と、スリットエリア外の少なくとも3点を上記比較打撃位置とし、該比較打撃位置を結ぶ直線で囲まれた領域内に上記基準打撃位置を位置させている。

上記シミュレートする打撃位置は、比較打撃位置は基準打撃位置を囲む3箇所以上フェース面の要素分割数以下が好ましい。できるだけ多い方がより精度良い設計を行うことができるが、打撃位置が多くなればなるほど計算に要する時間も多くなる。打撃位置が近い位置では同じような応力の計算結果になりやすいので、各打撃位置はできる限り基準打撃位置を囲む位置で均等に配置することが好ましい。

フェース面の中心とは、フェース面の幾何学的な中心位置であり、比較打撃位置は基準打撃位置から $0.25L \sim 0.75L$ の範囲内とすることが好ましい。

【0022】

特に、比較打撃位置は基準打撃位置より上下方向の2点と左右方向の2点の合計4点としていることが好ましい。

即ち、打撃位置は、フェース部のフェース面中心と、該中心の上下各方向の2点と、該中心の左右各方向の2点との合計5点とし、上記中心以外の4点を結ぶ四角形の範囲内に該中心が存在するように設定している。このように、複数の比較打撃位置をフェース面上の特定の部分に集中するのではなく、フェース面上に均等とすると、フェース面全体を効率よく肉厚制御を行うことができる。

【0023】

上記ミーゼス応力の絶対値により上記フェース部の肉厚の絶対値を決定することもできる。ミーゼス応力の絶対値と材料の物性より、材料の破壊特性を把握し

、肉厚分布の制御だけでなく、どの部分の肉厚を具体的にどの程度の厚さにすれば良いかも決定することができる。

【0024】

本発明の設計方法は、中空部を有するウッド型ヘッド等のあらゆる形状のウッド型ヘッドに好適に適用することができ、#1、#2、#3、・・・#9等のドライバークラブやフェアウェイウッドクラブのヘッドの設計に有効である。

なお、アイアン型ヘッドの場合にも、スイートエリアとスイートエリア外の応力を近似させるために本発明のコンピュータを利用した設計方法を取り入れることが可能である。

【0025】

ヘッドのフェース部の形状は、コンピュータによりモデルを作成するだけであるため、あらゆる形状に対応することができ、平面あるいは／及び曲面等を有する略平板状等とすることができる。フェース部の材質は、従来用いられるチタン等の種々の金属あるいはこれらの合金とすることができる。フェース部の材質は部分的に変更することもでき、モデルにおいてその材質の該当部分に該当する材質の物性値が入力されていれば良い。

なお、モデルとするゴルフボールの材質は、従来ゴルフボールに使用されうる材料とすることができ、各種ゴム、合成樹脂等を用いたポリマー組成物等とすることができる。

【0026】

ヘッドモデルは、シェル要素やソリッド要素でモデル化することができる。ヘッドモデルの要素の数は、多ければ多いほど計算の精度が高くなるが、設計効率を考慮するとシェルは5000～8000、ソリッドは20000～30000が好ましい。なお、この範囲は現段階での計算機の能力を鑑みてのものであり、今後計算機の能力が向上するにつれ、計算時間が短縮され、さらに多くの要素の数とすることもできる。また、各要素の節点の節点座標値から打撃時のヘッドの変形形状を表示しても良い。これにより、打撃時の変形形状も併せて評価することができ、ヘッドの設計に有効である。

【0027】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施形態を図面を参照して説明する。

図1にゴルフクラブのウッド型ヘッドの設計方法のフローチャートを示し、まず、該フローチャートに基いて概略的に説明する。。

【0028】

まず、ステップ#1で、コンピュータによりゴルフクラブのウッド型ヘッドとゴルフボールをモデル化して有限要素に分割し、モデルにウッド型ヘッドのフェース部の肉厚等の材料物性を定義する。

ステップ#2で、ゴルフクラブのヘッドによるゴルフボールの打撃を想定して、ウッド型ヘッドのクラブヘッドモデルのフェース部のスイートエリア内、詳細にはフェース面の幾何学的中心の基準打撃位置と、スイートエリア外に複数の比較基準位置とで、打撃してシミュレートする。

ステップ#3で、上記各打撃位置での打撃時にクラブヘッドモデルのフェース部の各要素に発生する応力を有限要素法解析（FEM）により算出する。

ステップ#4で、打撃位置の違いによるフェース部の応力発生状況の差を評価する。

ステップ#5で、クラブヘッドモデルのフェース部の肉厚分布を制御し、フェース面のスイートエリア外で打撃したときに発生する応力をスイートエリア内で打撃した時に発生する応力に近似させる。

ステップ#6で、基準打撃位置と比較打撃位置との応力発生状況の差が許容範囲内であれば設計を終了し、試作・評価する。

応力発生状況の差が許容範囲外であれば応力値に応じて上記要素の肉厚分布を変化させて、再度、シミュレートし、許容範囲内になるまで肉厚の制御と打撃のシミュレーションを繰り返す。

【0029】

以下、上記設計方法について詳述する。

まず、コンピュータによりゴルフクラブのウッド型ヘッドとゴルフボールをモデル化し、初期条件を設定する。

【0030】

図2 (A) (B) にシミュレーションで用いたウッド型ヘッドモデル (以下、クラブヘッドモデルと称す) 10を示す。クラブヘッドモデル10は中空型で、その体積を300cc、重量を188.0gとし、7394個の要素11に分割し、多数の節点12を得ており、有限要素の一辺の平均長さは約2.5mmとしている。クラブヘッドモデル10は、全体を4節点シェル要素の弾性体でモデル化している。要素11の肉厚を各部位で変更させることで、実形状のモデル化を行っている。なお、クラブヘッドモデル10は、ソリッドモデルを用いて解析を行っても良い。

クラブヘッドモデル10のフェース部13は略楕円形状の板状とし、材質はチタンとし、チタンの材料物性として入力している。フェース面13aは965個の要素11に分割されている。

フェース部13の肉厚の初期設定は、図2 (C) に示すように、略楕円形状のフェース部13の中央部13Aを2.7mmとし、中央部13Aの周囲の外周部13Bを2.0mmとしている。具体的には、市販のXXIO W#1の肉厚の値を用いている。

【0031】

また、図3に示すように、シミュレーションで用いたゴルフボールモデル (以下、ボールモデルと称す) 20は、全体を8節点ソリッド要素の弾性体でモデル化している。本ボールモデルでは、静的な圧縮特性が市販の「HI-BRIDGE everio」(住友ゴム工業株式会社製) と合うように弾性率を調整している。また、ボールモデルの寸法、重量はHI-BRIDGE everioと合うようにしている。ボールモデル20は、11800個の要素21に分割し多数の節点22を得ており、有限要素の一辺の長さは約0.2mm~2mmとし、材料物性として弾性率とポアソン比を入力している。

【0032】

次に、クラブヘッドモデル10とボールモデル20を用い、図4 (A) (B) (C) に示すように、ゴルフクラブのヘッドによるゴルフボールの打撃を想定したシミュレーションを行う。

即ち、ボールモデル20をクラブヘッドモデル10で打撃する部分の近くに配

置した後に、クラブヘッドモデル10に初速40m/sを与え、ボールモデル20に打撃させる。打撃時にクラブヘッドモデル10のフェース部13の各要素に発生する応力を有限要素法により解析している。

例えば、図5は、打撃時のある要素の応力発生状況を示し、時間（解析step）の経過に伴い発生する応力値が時々刻々変化しており、接触時間のほぼ中間時点で応力が最大となっている。

【0033】

クラブヘッドモデル10で打撃させた後、ボールモデル20がクラブヘッドモデル10から完全に離れるまで計算を行う。なお、クラブヘッドモデル10とボールモデル20の接触時の摩擦については、動摩擦係数、静摩擦係数ともに0.3としている。

【0034】

本実施形態において、打撃位置は、図6に示すように、フェース部13のフェース面13aのスイートエリア内にある幾何学的中心位置であるセンター点Aを基準打撃位置としている。比較打撃位置は、センター位置より20mmトゥー側の点Bと、センター位置より20mmヒール側の点Cと、センター位置より10mm上方側の点Dと、センター位置より10mm下方側の点Eとの合計5点としており、点B、C、D、Eの4点を結ぶ四角形の範囲内に点Aが存在するように設定している。

本実施形態では比較打撃位置を上記B、C、D、E点と少ないため、肉厚制御範囲を外側の縁とした場合に、比較打撃位置を肉厚制御範囲（外側の縁）より応力が高いセンター寄りとしている。なお、比較打撃位置と肉厚制御位置とを同一位置とすることが最も好ましいが、比較打撃位置をフェース面のスイートエリア外の全ての位置に設定することは實際上困難であるため、上記のように、比較打撃位置より外寄り位置の肉厚制御を行っている。

このように、比較打撃位置B～E点のうち、応力が小さい比較打撃位置で、その打撃位置より外側の縁の部分の肉厚を薄くしている。

【0035】

上記のように、基準打撃位置と各比較打撃位置での打撃時にフェース部の各要

素に発生する応力を有限要素法解析により算出する。

具体的には、フェース部の各要素の積分点における主応力値から、下記の数式 1 を用いて、各打撃位置での打撃時に各要素に発生するミーゼス応力を求める。ここで、 σ_e はミーゼス応力、 σ_1 は最大主応力、 σ_2 は中間主応力、 σ_3 は最小主応力である。

【0036】

【数 1】

$$\sigma_e = \frac{1}{2} \left((\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2 \right)^{\frac{1}{2}}$$

【0037】

求めた各要素におけるミーゼス応力の時系列変化から、ミーゼス応力の最大値を求める。本実施形態ではシェル要素を用いているが、厚み方向の積分点数は 2 とし、全ての積分点でのミーゼス応力の最大値を求めている。このような方法で、フェース部に発生するミーゼス応力の最大値を 5 つの各打撃位置での打撃時毎に求めている。

【0038】

図 7 は、初期設定の肉厚分布のヘッドモデル 10 の打撃位置別のミーゼス応力の最大値の時間変化を示す。基準打撃位置と比較打撃位置での各打撃時のミーゼス応力の最大値を各々比較する。

図 7 に示すように、初期肉厚分布では、中心位置に対して 10 mm 下方側の比較打撃位置の点 E での打撃時のミーゼス応力の最大値と、フェース面の幾何学的中心位置である基準打撃位置の点 A での打撃時のミーゼス応力の最大値との差が最も大きく、約 14 kgf/mm² の差がある。

なお、本実施形態では基準打撃位置の点 A での打撃時に発生したミーゼス応力を基準となる許容応力としている。。

【0039】

上記比較打撃位置の点 E でのミーゼス応力の最大値と基準打撃位置の点 A でのミーゼス応力の最大値の差が許容範囲である 8 kgf/mm² を越えたので、フ

フェース部の肉厚分布を初期設定から変更する。

即ち、比較打撃位置 B～E でのミーゼス応力の最大値が基準打撃位置点 A でのミーゼス応力の最大値に比べて大きな値を示すと、比較打撃位置およびその周囲、特に、該打撃位置よりフェース面の中心側よりの肉厚を厚くする。逆に、比較打撃位置での打撃時のミーゼス応力の最大値が基準打撃位置での打撃時のミーゼス応力の最大値に比べて小さな値を示す比較打撃位置およびその周囲、特に、該打撃位置よりフェース面の外周縁側の肉厚を薄くするように肉厚分布を制御する。

【0040】

本実施形態では、図 8 に示すように、略楕円形状のフェース部 13 の中央部 13A の肉厚を 2.7 mm のままとし、中央部 13A の周囲の外周部 13B の上部 13Ba の肉厚を 2.0 mm のままとした上で、外周部 13B の下部 13Bb の肉厚が 1.6 mm となるように肉厚分布を変更している。肉厚分布を変更後のフェース部 13' を有するヘッドモデルを用いて、上述した方法と同様の手順で再びシミュレーションを行う。

【0041】

図 9 は、肉厚分布変更後のフェース部 13' を有するクラブヘッドモデルの打撃位置別のミーゼス応力の最大値の時間変化を示す。各打撃時のミーゼス応力の最大値を各々比較すると、図 9 に示すように、肉厚分布変更後では、中心位置に対して 20 mm ヒール側の点 C での打撃時のミーゼス応力の最大値と、フェース面の幾何学的中心位置である点 A での打撃時のミーゼス応力の最大値との差が最も大きい、その差は 8 kgf/mm^2 以下である。また、ミーゼス応力の最大値は、先に設定した許容応力を超えていない。

【0042】

打撃位置の違いによるミーゼス応力の最大値の差が 8 kgf/mm^2 以下になり、かつ、最大のミーゼス応力値が、設定した許容応力以下になったので、フェース面のあらゆる部分で打撃したときに発生する応力が基準打撃位置で打撃した時の応力と略一様化され、目的とするフェース肉厚分布が設計されたことになり、フェース部の肉厚分布が最終的に決定される。この結果を試作等のステップに

活かすことができる。

【0043】

本設計方法を用いて作成したウッド型ヘッドの反発特性を調べるために、シミュレーション結果に基づいて肉厚を変更したフェース部を有するヘッドモデルと、初期設定した肉厚のフェース部を有するヘッドモデルを用いて、ヘッドモデルとボールモデルの打撃シミュレーションを行い、反発係数を求めた。

【0044】

(解析での反発係数の算出)

1要素に関して構成する各節点に質量を分配し、各節点を質点と置き換え、各節点の速度を質点の持つ速度として合計を割って、全体の速度としている。これにより打撃後のゴルフボール及びヘッドの速度を算出することができ、両者の速度及び重量からゴルフボールの反発係数を算出している。

【0045】

図10(A)(B)は、それぞれのクラブヘッドモデルの打撃位置別の反発係数を示す。図10(A)(B)に示すように、いずれの打撃位置においても、初期の肉厚分布を有するクラブヘッドモデルよりも、上記手順で決定した肉厚分布に変更したモデルの方が、反発特性が高くなっている。

【0046】

本実施形態では、シミュレーション用の解析ソフトとして、LSTC社製、LS-DYNAを用いたが、HKS社製ABAQUS Explicit、ESI社製PAM-CRASH等を用いることもできる。有限要素モデルは、ビーム要素、シェル要素、ソリッド要素を1つ又は複数組み合わせることもでき、解析条件等も適宜変更することができる。

【0047】

また、ミーゼス応力の絶対値によりフェース部の肉厚の絶対値を決定することもできる。打撃位置は、複数箇所であれば良く、その設定は適宜変更することができる。ウッド型ヘッドのフェース部やゴルフボールの形状や材質等は、適宜設定することができる。

【0048】

【発明の効果】

以上の説明より明らかなように、本発明によれば、クラブヘッド、特に、ウッド型ヘッド及びゴルフボールを詳細にモデル化した有限要素モデルを用いて、クラブヘッドモデルのスリートエリアおよびスリートエリア外でボールモデルを打撃したときにフェース部に発生する応力を計算で求めている。この計算により算出される応力に応じてクラブヘッドの肉厚を薄くしたり、厚くしたり制御することで、フェース部に発生する応力をスリートエリア外の応力をスリートエリア内の応力に近似させて一様化し、反発特性及び強度において最適なフェース部の肉厚構造を得ることができ、効率的にクラブヘッドの設計を行うことができる。

【0 0 4 9】

即ち、フェース部において、できるだけ薄く軟らかい部分を広くして反発特性を高め、かつ強度を得られるようなフェース部の肉厚分布を得ることができ、強度と反発特性とが両立されたヘッド、特に、ウッド型ヘッドを効率良く設計することができる。

【0 0 5 0】

コンピュータによる仮想空間上で計算するため、応力の実測等が必要ない上に、形状や材料の変更も、入力データの変更だけで良く、様々なパターンのヘッドのフェース部の設計を容易に行うことができる。また、実際のヘッドの試作回数を減らし、試作に要する費用と時間を削減することができ、ヘッドの設計時間を短縮することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明のゴルフクラブのウッド型ヘッドの設計方法のフローチャートを示す。

【図 2】 (A) はヘッドモデルの側面図、(B) はヘッドモデルの正面図、(C) はヘッドモデルのフェース部の初期の肉厚分布を示す図である。

【図 3】 ゴルフボールモデルの概略図である。

【図 4】 (A) (B) (C) は、ゴルフボールモデルとヘッドモデルの打撃状況の説明図である。

【図 5】 打撃時にある要素に発生する応力の時間変化を示す図である。

【図 6】 フェース面上の各打撃位置を示す図である。

【図 7】 初期の肉厚分布のフェース部における打撃位置別のミーゼス応力の最大値の時間変化を示す図である。

【図 8】 解析結果に基づき肉厚制御を行った後のフェース部の肉厚分布を示す図である。

【図 9】 解析結果より肉厚分布を変更した後のフェース部における打撃位置別のミーゼス応力の最大値の時間変化を示す図である。

【図 1 0】 (A) (B) は、初期の肉厚分布のフェース部と、解析による肉厚変更後のフェース部とでの反発係数を比較したグラフである。

【図 1 1】 (A) は基準打撃位置と比較打撃位置の設定を示す概略図、(B) は打撃位置と肉厚制御する要素との関係を示す概略図である。

【符号の説明】

1 0 クラブヘッドモデル

1 1 要素

1 2 節点

1 3 フェース部

1 3 a フェース面

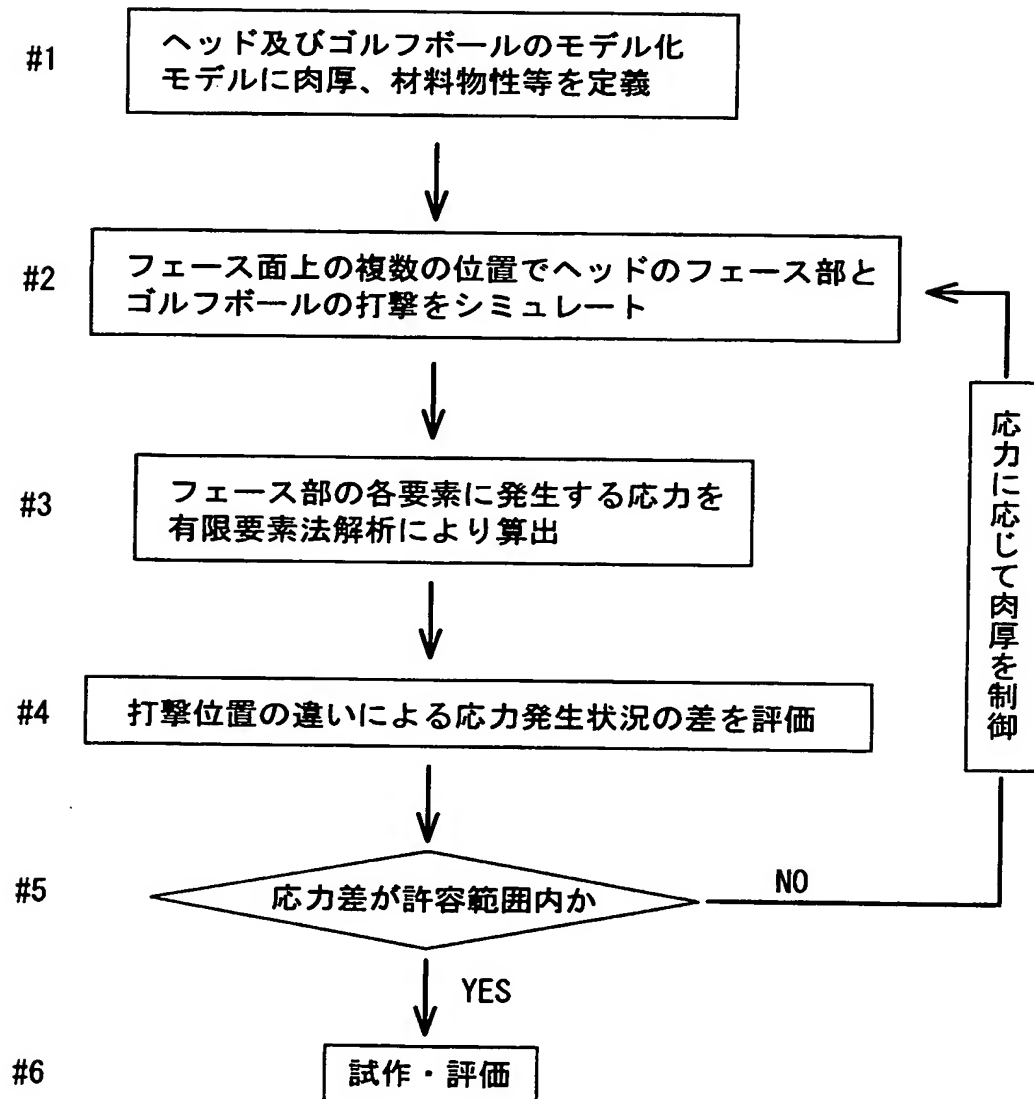
2 0 ボールモデル

A 基準打撃位置

B～E 比較打撃位置

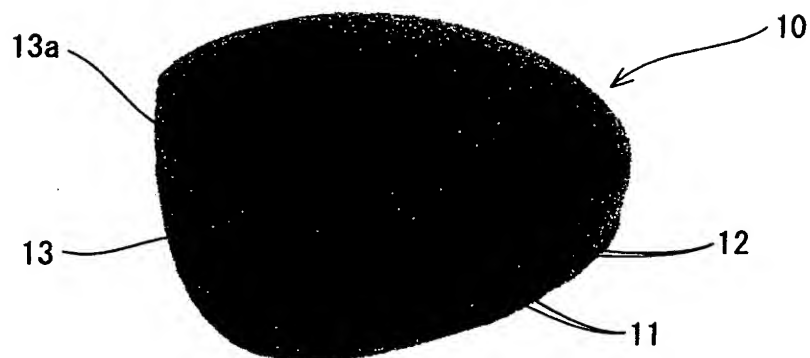
【書類名】 図面

【図 1】

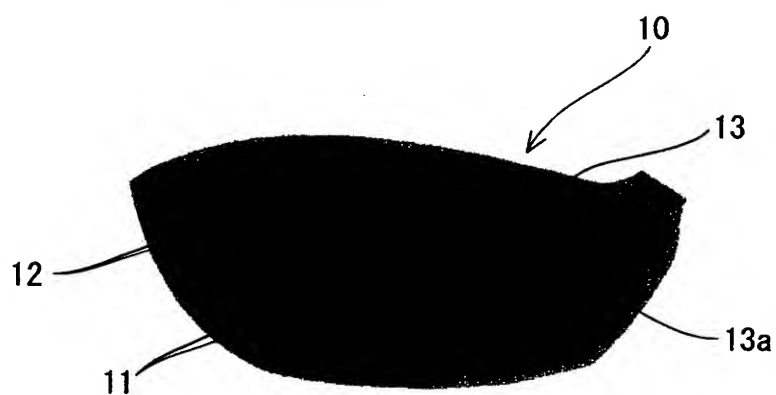


【図 2】

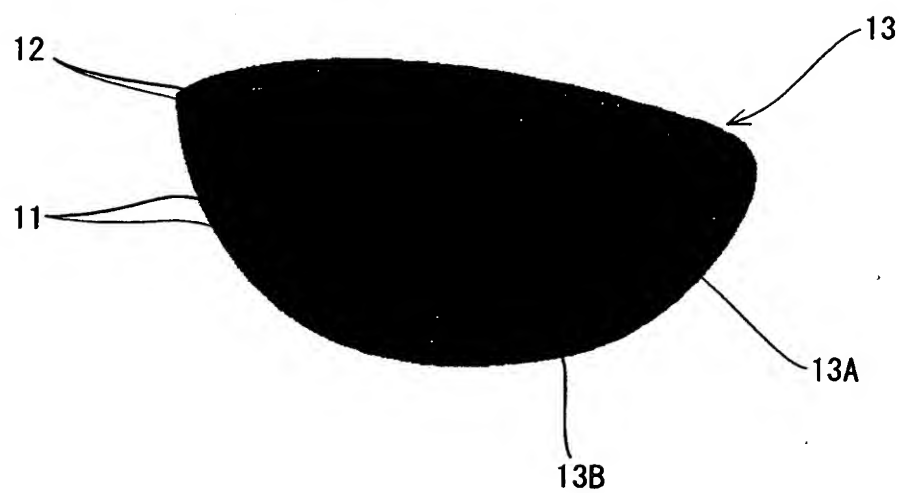
(A)



(B)

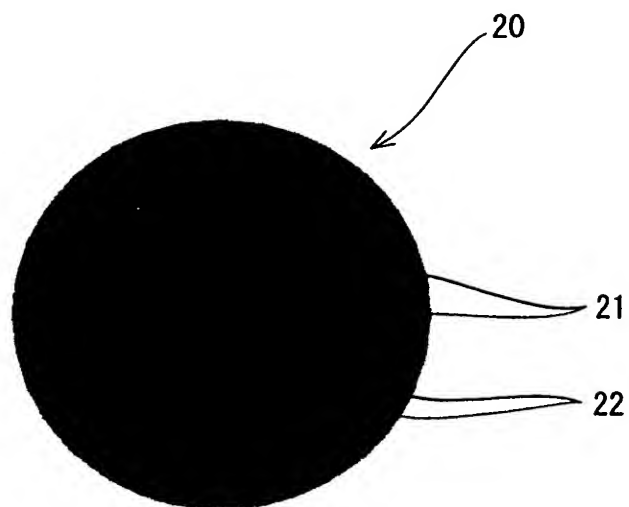


(C)



BEST AVAILABLE COPY

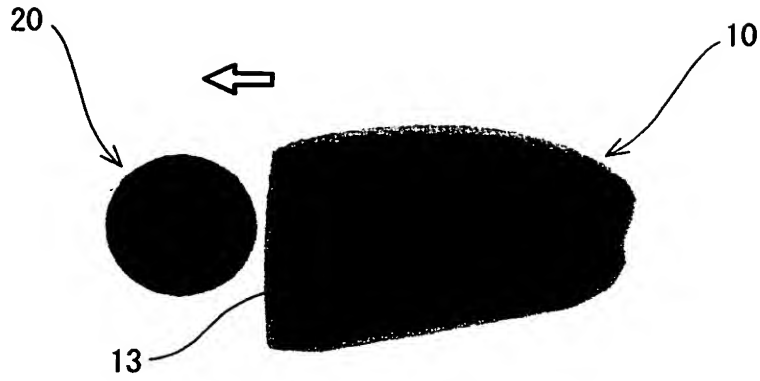
【図 3】



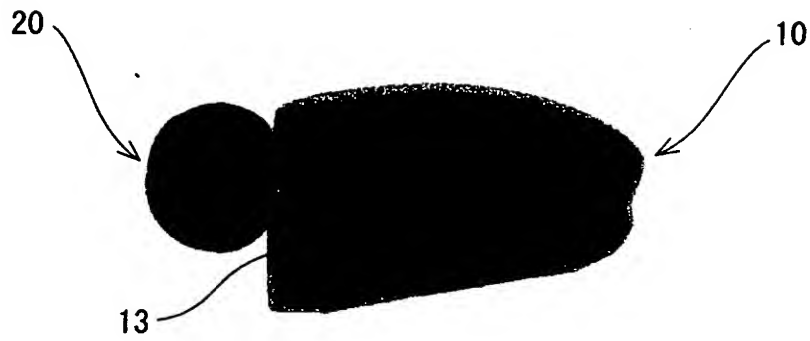
BEST AVAILABLE COPY

【図 4】

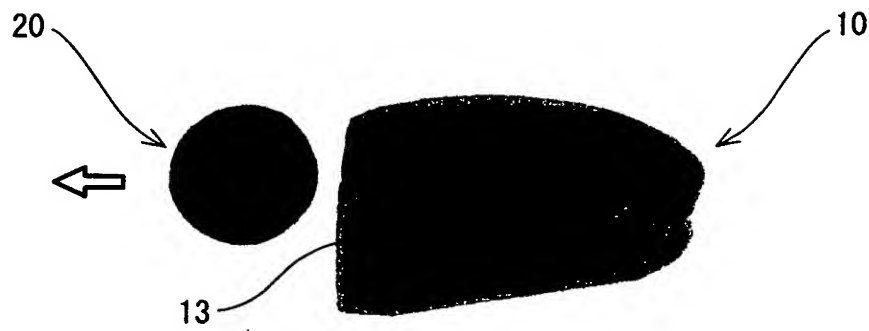
(A)



(B)

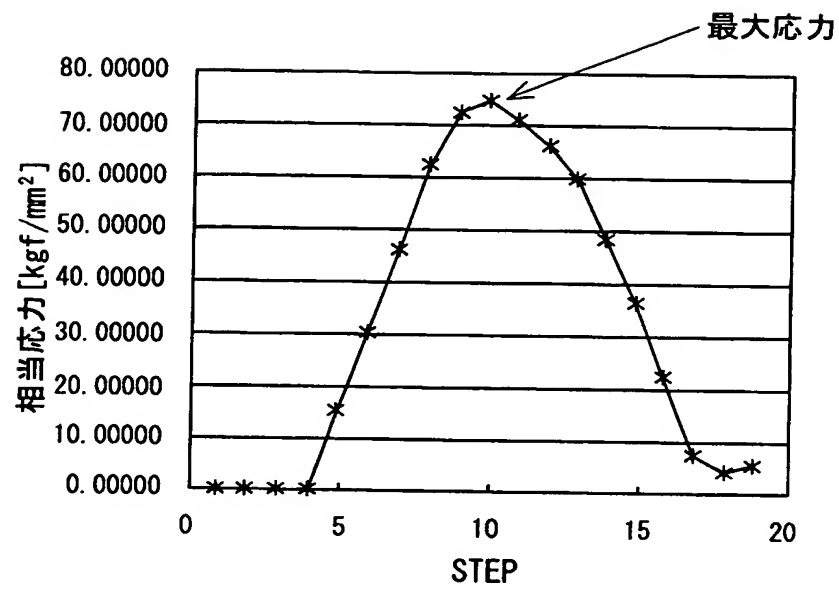


(C)

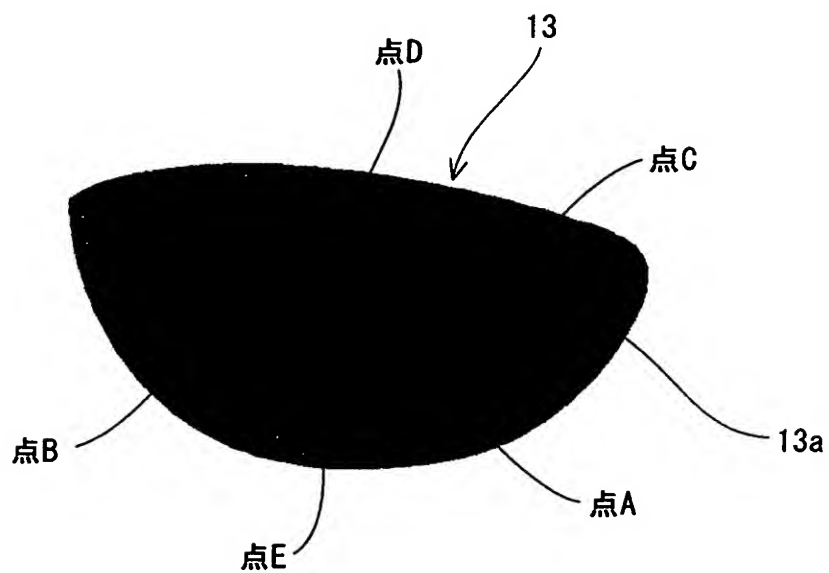


BEST AVAILABLE COPY

【図 5】

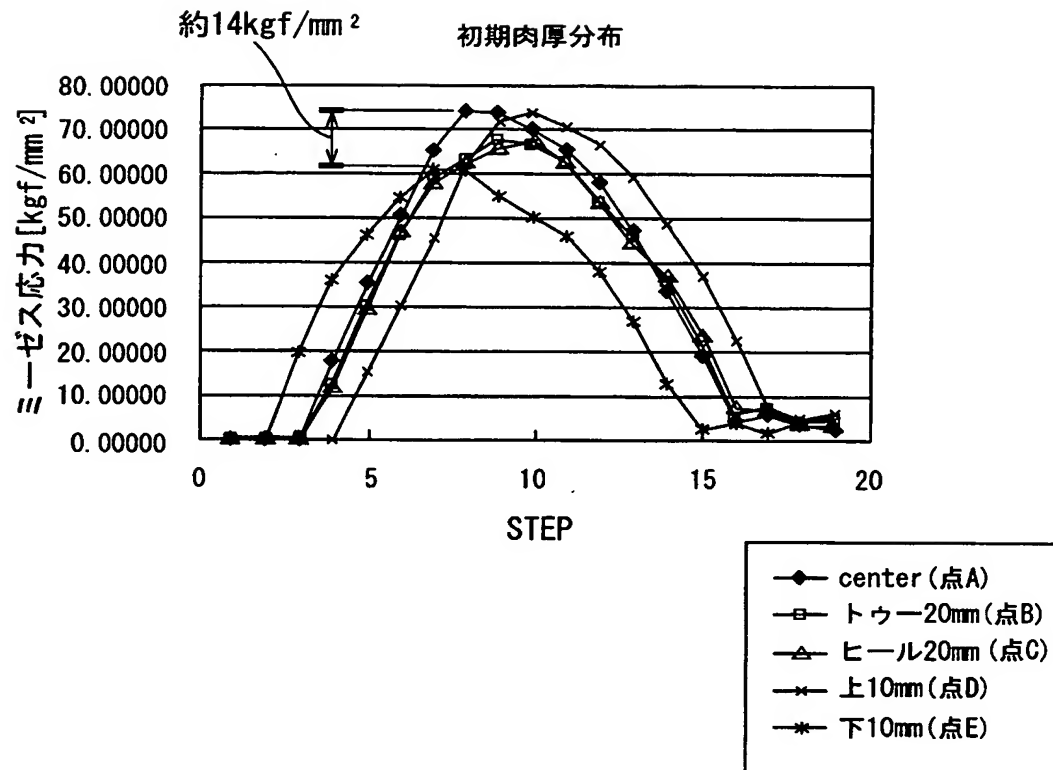


【図 6】

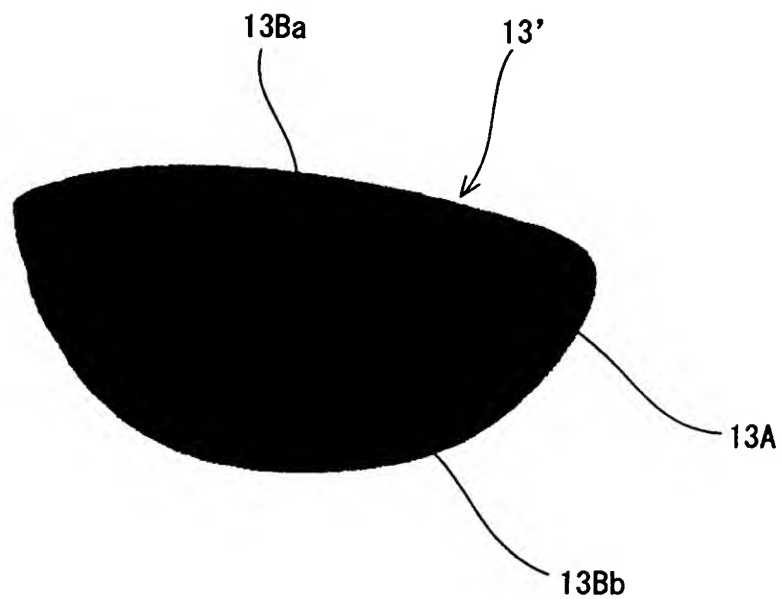


BEST AVAILABLE COPY

【図 7】

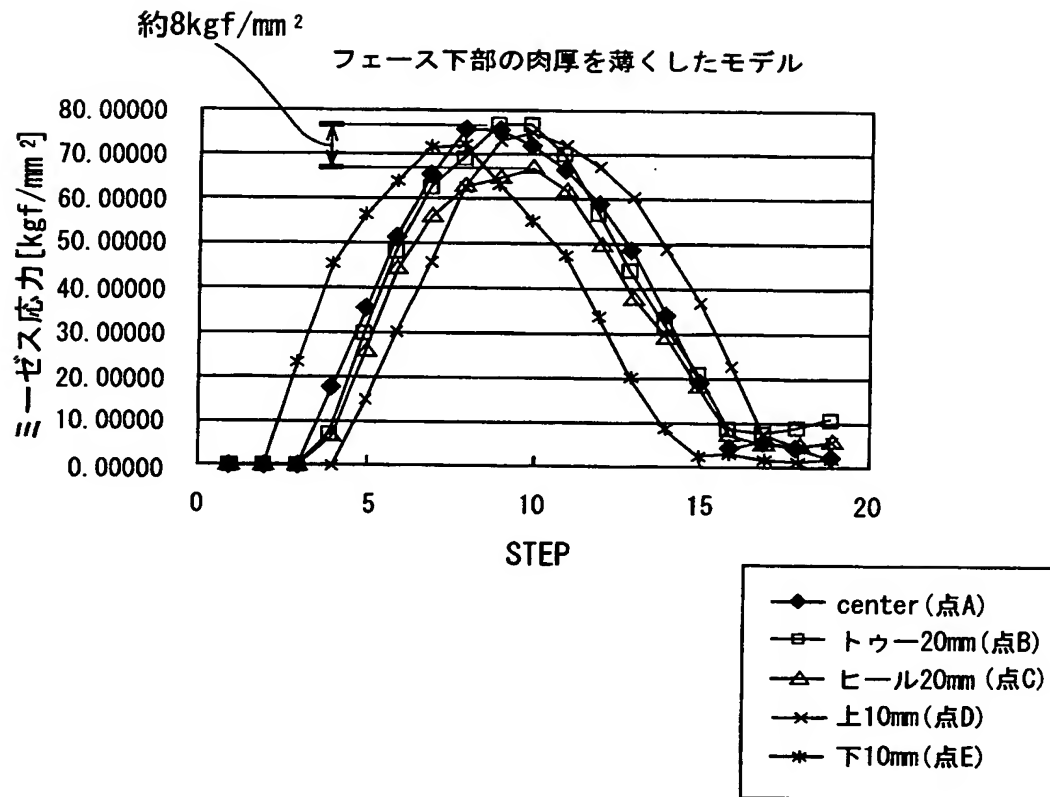


【図 8】



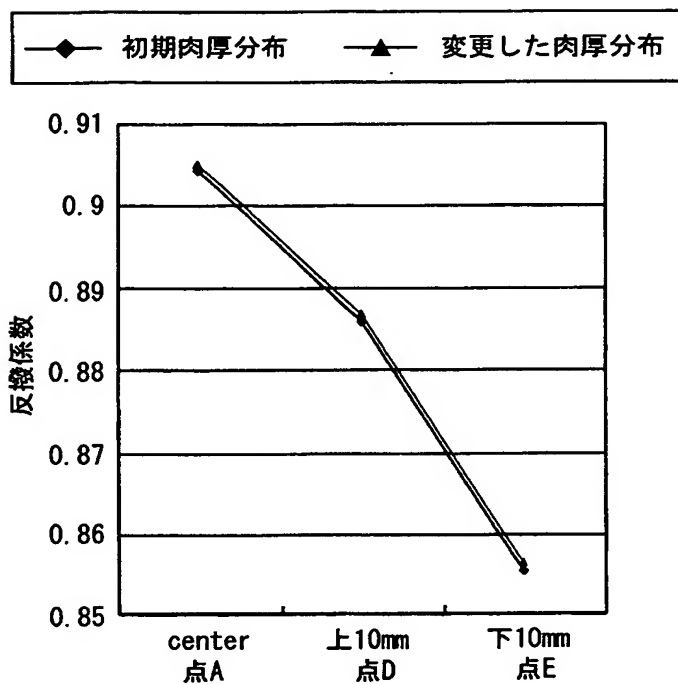
BEST AVAILABLE COPY

【図 9】

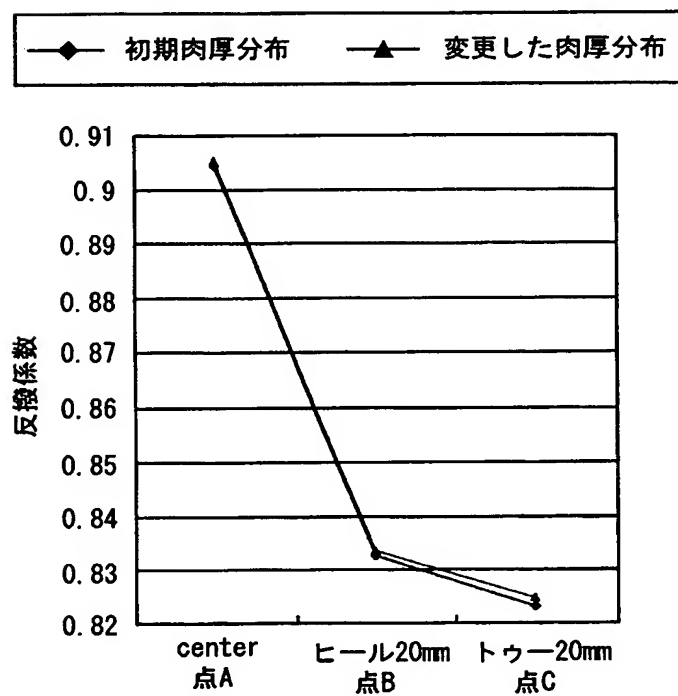


【図10】

(A)

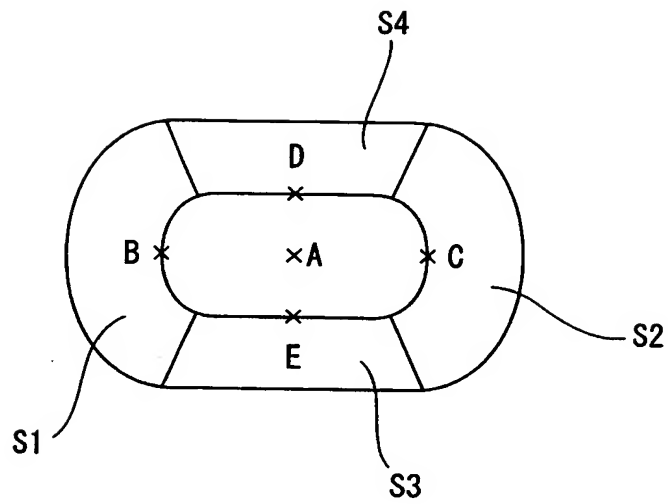


(B)

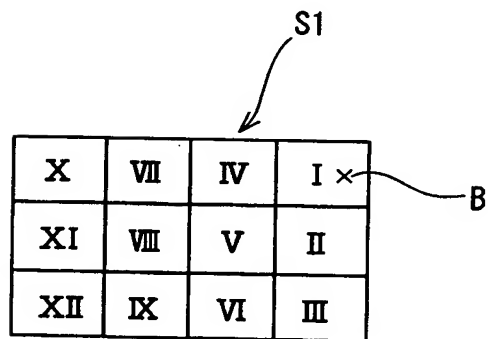


【図 11】

(A)



(B)



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 コンピュータを用いてクラブヘッドの肉厚を反発特性と強度が両立された設計とする。

【解決手段】 コンピュータを用いてゴルフクラブヘッドを設計する方法であって、クラブヘッドとボールとを有限要素に分割したクラブヘッドモデルとボールモデルを用い、上記クラブヘッドモデルのフェース部のスイートエリアからなる基準打撃位置、該スイートエリアから外れる比較打撃位置で、ボール・モデルを打撃させてシミュレートし、上記基準打撃位置、比較打撃位置での打撃時に各要素に発生する応力を有限要素法解析により算出し、上記打撃位置の違いによる応力発生状況の差に基づいて、上記分割した各要素の肉厚分布を制御し、上記スイートエリア外でボールを打撃しても発生する応力をスイートエリア内での打撃時の応力に近似させて、いずれの位置で打撃しても発生する応力に一様化させる。

【選択図】 図 1

特願 2 0 0 3 - 0 3 5 5 9 4

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 1 8 3 2 3 3]

1. 変更年月日

1 9 9 4 年 8 月 1 7 日

[変更理由]

住所変更

住 所

兵庫県神戸市中央区脇浜町 3 丁目 6 番 9 号

氏 名

住友ゴム工業株式会社